



Simulasi Penugasan Pengemudi ke Penumpang pada Online Ride-Hailing

Catrine Juliet Hardy¹, Eka Kurnia Asih Pakpahan².

¹Program Studi Teknik Industri
Institut Teknologi Harapan Bangsa, Bandung, Indonesia
catrinejuliet@gmail.com

²Program Studi Teknik Industri
Institut Teknologi Harapan Bangsa, Bandung, Indonesia
eka@ithb.ac.id

catrinejuliet@gmail.com

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:
Diterbitkan 27 Maret 2024

Kata kunci:
Simulasi; Ride-Hailing;
Penugasan; ProModel;
Randomisasi.

ABSTRAK

Online Ride Hailing merupakan transformasi layanan ojek dan taksi menjadi online yang marak digunakan pada masa kini. Ride Hailing menerapkan konsep real time melalui pengembangan teknologi yang memanfaatkan kendaraan pribadi sebagai kendaraan yang dapat digunakan untuk memberikan suatu jasa layanan angkutan. Sistem penugasan antara order dengan driver yang ada pada Ride Hailing atau transportasi online dapat diperhitungkan menggunakan metode Assignment Problem, yang mengatur objek yang akan dipilih untuk melaksanakan tugas tertentu dengan tujuan meminimalkan biaya, waktu, dan jarak ataupun memaksimalkan keuntungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat model simulasi penugasan pengemudi ke penumpang dengan mempertimbangkan faktor – faktor yang mempengaruhi kepuasan driver dan penumpang sebagai customer dari platform transportasi online. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan adalah toleransi jarak jemput penumpang, rating, kumulatif kilometer tempuh kendaraan, serta kemunculan order yang bersifat acak dan tidak pasti. Pendekatan yang digunakan adalah simulasi yang dilakukan dengan menggunakan software ProModel 6, mengingat simulasi memiliki kemampuan untuk menggambarkan aspek dinamika sistem dan ketidakpastian seperti yang ditargetkan dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model simulasi yang dirancang dalam penelitian ini telah mampu merepresentasikan penugasan driver ke penumpang yang dapat digunakan untuk mengevaluasi jumlah driver yang perlu ditempatkan oleh pihak platform pada area permintaan tertentu dengan kondisi permintaan yang sepi maupun ramai.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah [CC BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) lisensi.



1. PENDAHULUAN

Pada zaman modern ini, teknologi merupakan hal yang lumrah dan tidak asing lagi bagi masyarakat. Perkembangan inovasi teknologi yang terus muncul pun saat ini menjadi salah satu hal yang ditunggu-tunggu bagi para pengguna teknologi guna mempermudah pekerjaan yang dilakukan. Inovasi teknologi yang telah muncul tersebut tidak hanya ada pada sektor teknologi gawai dan perindustrian saja, melainkan juga muncul dalam sektor-sektor lainnya, salah satunya adalah sektor transportasi umum. Salah satu bukti inovasi dalam sektor transportasi umum adalah dengan munculnya layanan platform online ride hailing dengan mentransformasi layanan ojek dan taksi menjadi online.

Konsep angkutan online ini tidak hanya menerapkan konsep real time atau online melalui pengembangan teknologi pada umumnya, namun terdapat konsep ride hailing yang memanfaatkan kendaraan pribadi sebagai kendaraan yang dapat digunakan untuk memberikan suatu jasa layanan angkutan. Tidak dapat dipungkiri bahwa dengan munculnya inovasi tersebut dapat membuka lapangan pekerjaan kerja baru bagi masyarakat khususnya di kota besar [1], dengan penawaran upah dan bonus yang menarik bagi yang berminat untuk menjadi mitra platform ride hailing tersebut. Selain itu, jasa transportasi online ini juga sangat menolong masyarakat baik dari segi layanan yang memudahkan bagi penumpang maupun dari segi terbukanya lapangan pekerjaan bagi masyarakat yang membutuhkan.

Dua platform transportasi online besar yang menyediakan jasa layanan yang dibutuhkan oleh masyarakat adalah Gojek, yang berdiri pada tahun 2011 dan Grab, yang melakukan ekspansi pada pertengahan 2012 di Indonesia. Semenjak itu, kedua platform ini terus memberikan terobosan-terobosan dalam layanan maupun tarif yang rendah pada jasa transportasi berbasis ride hailing yang beroperasi di hampir seluruh kota di Indonesia. Platform transportasi online seperti Grab dan Gojek berperan sebagai penghubung antara driver dan penumpang, untuk mencapai suatu kesepakatan transaksi pengantaran penumpang, dimana penumpang dapat membuat permintaan pengantaran berdasarkan titik jemput dan titik tujuan penumpang, kemudian penumpang akan menunggu sistem platform tersebut memberikan penugasan ke seorang driver. Penumpang juga dapat secara langsung melihat tarif yang akan ditagihkan untuk melakukan perjalanan tersebut dan dapat melihat informasi mengenai driver yang akan menjemputnya seperti nama driver, posisi driver saat ini, dan rating driver. Pendapatan driver yang didapatkan setelah melakukan pengantaran dengan tarif tertentu dengan batas bawah tarif sesuai dengan Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 384 tahun 2019 yang telah disepakati akan dikurangi dengan fee untuk platform. Fee yang diambil oleh platform bergantung dari kebijakan platform itu sendiri dengan rata-rata fee yang diambil adalah 10%-25% [2], dengan mempertimbangkan zona wilayah dan tipe jasa layanan roda dua atau roda empat.

Sistem penugasan antara order dengan driver dapat diperhitungkan menggunakan metode Assignment Problem, yang mengatur objek yang akan dipilih untuk melaksanakan tugas tertentu dengan tujuan meminimalkan biaya, waktu, dan jarak ataupun memaksimalkan keuntungan. Objek tersebut adalah karyawan, mesin atau jika dalam online ride-hailing objeknya adalah driver ditugasi secara khusus kepada suatu kegiatan pengantaran penumpang.

Driver dan penumpang merupakan customer dari platform transportasi online. Untuk itu, faktor-faktor yang mempengaruhi kepuasan driver dan penumpang agar mereka tetap menggunakan jasa platform perlu diperhatikan. Berdasarkan survey yang dilakukan oleh Yayasan Lembaga Konsumen Indonesia (YKKI) pada tahun 2017 [3], beberapa faktor penting dalam memenuhi kepuasan penumpang adalah tarif yang murah atau diskon (84,1%) dan kemudahan dalam mendapatkan driver (81,9%), kenyamanan selama berkendara (78,8%), serta keamanan dan keselamatan saat berkendara (61,4%). Di sisi lain, menurut Wang [4], faktor yang mempengaruhi kepuasan driver adalah tarif dan waktu penjemputan. Artinya sedapat mungkin selalu mendapat penugasan dengan tarif tinggi dan jarak penjemputan yang pendek.

Kemudahan mendapatkan driver berkaitan dengan lamanya waktu tunggu penumpang yang seringkali berkorelasi dengan arif. Semakin murah tarif, toleransi waktu tunggu penumpang umumnya makin panjang. Di sisi lain, pengemudi ingin waktu menganggurnya pendek, dan sesering mungkin mendapat penugasan dengan tarif yang tinggi dan jarak penjemputan yang pendek. Seperti pada penumpang, tarif pada pengemudi seringkali berkorelasi dengan toleransi jarak jemput pengemudi, akan tetapi dengan pola yang berbeda. Semakin tinggi tarif, toleransi jarak jemput pengemudi cenderung lebih tinggi. Begitu juga sebaliknya, semakin murah tarif, toleransi jarak jemput pengemudi pun cenderung lebih rendah.

Faktor keamanan dipengaruhi oleh pengetahuan berkendara dan kondisi kendaraan dengan standar. Sementara itu, faktor kenyamanan dapat dikaitkan dengan sesuai atau tidaknya perilaku pengemudi dengan kode etik berkendara. Hal ini dapat direpresentasikan oleh rata-rata rating yang diberikan oleh penumpang sebagai bentuk feedback kepuasan penumpang dan sebagai pengendali perilaku driver agar tidak melanggar kode etik. Kondisi kendaraan dipengaruhi oleh tingkat penggunaan kendaraan yaitu kumulatif kilometer tempuh. Umumnya terdapat batas kumulatif kilometer tempuh yang menunjukkan bahwa kondisi kendaraan masih dalam kategori baik atau tidak untuk digunakan. Melihat keterkaitan keterkaitan ini, setiap penugasan driver ke penumpang sebaiknya dilakukan dengan memperhatikan faktor rating, kumulatif kilometer tempuh kendaraan, toleransi jarak jemput penumpang dan pengemudi serta tarif perjalanan.

Terdapat beberapa penelitian yang telah mempertimbangkan faktor-faktor kepuasan penumpang dan driver dalam penugasan driver ke penumpang. Penelitian Amosa [5], meneliti permasalahan Online Ride Hailing ini dengan fungsi tujuan maksimasi pendapatan platform dengan mempertimbangkan faktor rating, kumulatif kilometer tempuh kendaraan, serta toleransi jarak jemput penumpang dan pengemudi. Solusi dalam penelitian Amosa diperoleh melalui enumerasi lengkap menggunakan software LINGO. Penelitian lainnya dilakukan oleh Saputera [4], Majid [6], dan Sitepu [7]. Penelitian-penelitian tersebut mengkaji permasalahan yang sama akan tetapi masing-masing mengambil mekanisme pencarian solusi yang berbeda, yaitu implementasi Genetic Algorithm [4], Ant Colony Optimization [6], dan Particle Swarm Optimization [7]. Kelemahan dari penelitian [4], [6] dan [7] adalah bahwa penelitian-penelitian tersebut masih bersifat snapshot atau hanya mengkaji penugasan pada satu titik waktu tertentu dan mengasumsikan semua informasi diketahui dengan pasti. Pada kondisi real, penugasan driver ke penumpang terjadi dalam sistem yang dinamis.

Ketidakpastian dalam sistem real, dimana beberapa faktor yang berpengaruh di dalam sistem tidak selamanya konstan, penting untuk dipertimbangkan agar pengelola dapat melihat peluang yang mungkin akan muncul di dalam sistem. Salah satu keputusan penting yang harus Ride Hailing pertimbangkan adalah jumlah driver yang harus ditempatkan pada titik permintaan tertentu untuk memperkecil waktu tunggu, namun akan ada dampak lain yang akan muncul, yaitu waktu menganggur driver yang meningkat akibat jumlah permintaan tidak selalu sama dengan jumlah driver yang ada. Disisi lain, apabila jumlah driver yang ditempatkan pada titik permintaan tertentu terlalu sedikit, maka beberapa order mungkin tidak dapat di-assign sehingga akan terjadi lost sales bagi driver maupun platform. Dengan melakukan simulasi pada berbagai kondisi permintaan, Ride Hailing dapat menentukan jumlah driver yang optimal, baik pada kondisi permintaan sepi maupun ramai. Setiap kali assignment dilakukan Ride Hailing harus bekerja dengan informasi yang baru seperti permintaan, ketersediaan driver, rating driver, kumulatif kilometer tempuh kendaraan dan informasi lainnya dimana beberapa diantaranya bersifat random. Oleh sebab itu, penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian [4], [6] dan [7] yang ditujukan untuk mengkaji dampak dari aspek dinamis dan ketidakpastian informasi yang muncul secara random terhadap pendapatan Ride Hailing. Pendekatan yang digunakan adalah simulasi, mengingat simulasi memiliki kemampuan untuk menggambarkan aspek dinamika sistem dan ketidakpastian seperti yang ditargetkan dalam penelitian ini.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ride-Hailing

Ride Hailing adalah jasa transportasi massal berbasis digital dengan rasa kendaraan pribadi, dimana dalam satu kali perjalanan dalam sebuah kendaraan hanya ada penumpang yang memesan dan pengemudi, tidak ada penumpang lain yang tidak dikenal [8]. Ride Hailing berorientasi pada permintaan penumpang yang membutuhkan kendaraan sementara Ride Sharing lebih fokus kepada pemilik kendaraan yang memiliki slot kosong untuk berbagi perjalanan yang konsepnya mirip dengan angkutan kota, dengan rute perjalanan yang telah ditentukan sejak awal, dan penumpang-penumpang yang memiliki tujuan melewati rute tersebut akan di-pick up dengan kendaraan yang sama.

2.2. Model Acuan

Model acuan yang akan peneliti gunakan merupakan model matematis Amosa [5] dengan komponen model dan model konseptual yang sama. Penugasan driver ke penumpang bertujuan untuk memaksimalkan profit untuk platform yang dapat dihasilkan. Profit platform didapatkan dari persentase komisi yang ditetapkan oleh platform dikalikan dengan hasil pengurangan pendapatan dengan pengeluaran, dimana pendapatan yang dihasilkan dipengaruhi oleh besarnya jarak antar, sementara pengeluaran dipengaruhi oleh besarnya jarak pickup ditambah dengan jarak antar.

Fungsi tujuan:

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n \left(t \cdot (|d_k^x - p_k^x| + |d_k^y - p_k^y|) - C \cdot (|o_k^x - p_k^x| + |o_k^y - p_k^y| + |d_k^x - p_k^x| + |d_k^y - p_k^y|) \right) \cdot x_{jk} \cdot \alpha \quad (1)$$

Maka pembatas-pembatas yang menjadi pertimbangan adalah sebagai berikut:

1. Setiap assignment yang berhasil dilakukan, dinyatakan dalam bilangan biner 1 dan 0; $x_{jk} = 1$, jika driver j melakukan penugasan ; 0, jika driver j tidak melakukan penugasan (2)

2. Setiap assignment diprioritaskan menghasilkan pilihan driver yang memiliki rating lebih tinggi dari rating minimum yang ditetapkan oleh platform.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n R_j^R x_{jk} \geq R^R \quad (3)$$

dimana nilai rating yang didapatkan dari penumpang setiap assignment akan di rata-rata sebagai nilai rating yang baru.

$$R_j^R = \frac{R_j^R + R_{(i-1)j}^R}{2} \quad (4)$$

3. Setiap assignment tidak boleh menyebabkan kumulatif kilometer tempuh driver (D'_j) yang didapatkan dengan menjumlahkan kumulatif jarak tempuh driver pada assignment $i-1$ dengan jarak tempuh driver pada assignment i melebihi angka tertentu (D) yang telah ditetapkan sebagai standar keamanan yaitu sebesar 2.000 km [11].

$$D'_j + D_j \leq D \quad (5)$$

Jarak tempuh driver j pada assignment i (D'_j) adalah:

$$D'_j = \sum_{k=1}^n (|o_j^x - p_k^x| + |o_j^y - p_k^y| + |d_{ik}^x - p_{ij}^x| + |d_{ik}^y - p_{ij}^y|)x_{jk} \quad (6)$$

4. Satu driver j hanya dapat melayani satu penumpang k tertentu pada saat melakukan assignment.

$$\sum_{k=1}^n x_{jk} \leq 1 \quad (7)$$

5. Satu penumpang k hanya dapat dilayani satu driver j tertentu pada saat melakukan assignment.

$$\sum_{j=1}^m x_{jk} \leq 1 \quad (8)$$

6. Jarak jemput driver ke penumpang harus berada diantara toleransi jarak.

$$J'_j \leq J_j \quad (9)$$

$$J'_j = \sum_{k=1}^n (|o_j^x - p_k^x| + |o_j^y - p_k^y|)x_{jk} \quad (10)$$

Toleransi jarak jemput driver merupakan fungsi yang mempengaruhi tarif per km. Dengan karakteristik semakin tinggi tarif, maka semakin tinggi pula toleransi jarak jemput driver (strictly increasing function atau increasing function);

$$J_j = v(t)^w \quad (11)$$

Fungsi yang digunakan untuk persamaan diatas hanya salah satu fungsi dari beberapa jenis fungsi yaitu fungsi power. Sedangkan, nilai v dan w merupakan parameter untuk menentukan fungsi tersebut strictly increasing function atau increasing function. Jarak jemput penumpang ke driver harus berada diantara toleransi jarak.

$$J'_k \leq J_k \quad (12)$$

$$J'_k = \sum_{j=1}^m (|o_j^x - p_k^x| + |o_j^y - p_k^y|)x_{jk} \quad (13)$$

Toleransi jarak jemput penumpang merupakan fungsi yang juga mempengaruhi besar tarif. Dengan karakteristik semakin tinggi tarif, maka toleransi jarak jemput penumpang akan semakin kecil (strictly decreasing function atau decreasing function atau konstan function);

$$J_k = v'(t)^{-z} \quad (14)$$

Fungsi yang digunakan untuk persamaan diatas hanyalah salah satu fungsi dari beberapa jenis fungsi yaitu fungsi power. Sedangkan, nilai y dan z merupakan parameter untuk menentukan fungsi tersebut strictly decreasing function atau decreasing function atau konstan function.

2.3. Pemodelan dan Simulasi

Pemodelan merupakan analogi yang digunakan untuk memvisualisasikan sesuatu yang tidak dapat diamati secara langsung [13], yang dapat disebut sebagai tiruan dari model nyata menjadi model virtual. Penyusunan model pada simulasi merupakan bentuk aplikasi dari teori, prinsip, dan pendekatan sistem yang disusun sedemikian rupa dalam suatu perangkat lunak [14].

Simulasi merupakan suatu metode yang digunakan untuk meniru perilaku dari sistem real menggunakan bantuan model komputer sehingga dapat meningkatkan kinerja sistem. Simulasi terdiri dari tahapan-tahapan pengolahan data yang dilengkapi dengan model simbolik yang sesuai, dan menghasilkan hasil operasi sistem dalam bentuk data output untuk penyelesaian persoalan [15].

Sesuai dengan dimensinya, model simulasi diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu [14]:

1. Statis dan Dinamis; terkait dengan representasi sistem terhadap waktu.
2. Deterministik dan Stokastik; terkait dengan keacakan setiap variabel.
3. Kontinu dan Diskrit; terkait dengan perubahan status sistem terhadap waktu.

Sementara itu, metodologi simulasi sebagai langkah-langkah perancangan simulasi dapat dilakukan sebagai berikut [16]:

1. *Define objective, scope, and requirements*

Dalam tahap ini, dilakukan pendefinisian tujuan dari simulasi yang dapat menjawab permasalahan yang dianalisis dengan menggunakan metode simulasi, serta mempertimbangkan hal-hal yang diperlukan dalam menjalankan proyek simulasi ini seperti sumber daya, waktu, dan budget.

2. *Collect and analyze system data*

Pengumpulan data yang diperlukan, berhubungan dengan sistem yang akan dimodelkan. Langkah ini akan menghasilkan model konseptual, yaitu algoritma yang menyatakan hubungan antara komponen sistem.

3. *Build the model*

Merupakan penerjemahan model konseptual menjadi model simulasi dengan menggunakan software simulasi.

4. *Validate the model*

Melakukan perbandingan apakah model yang telah dibuat merupakan representasi yang sesuai dengan sistem nyata.

5. *Conduct experiments*

Menjalankan simulasi dan melakukan analisis terhadap hasil simulasi untuk memperkirakan performansi dari skenario simulasi yang telah dibuat.

6. *Present the results*

Dokumentasi hasil dari simulasi berbentuk report yang dilakukan agar orang lain dapat mempelajari simulasi yang telah dilakukan.

Pendekatan yang dipilih untuk digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi, mengingat simulasi memiliki kemampuan untuk menggambarkan aspek dinamika sistem dan ketidakpastian seperti yang ditargetkan dalam penelitian ini.

2.2.1. Simulasi dengan *ProModel*

Ada dua kelompok software yang digunakan untuk simulasi yaitu, simulation language (bahasa simulasi); yang membutuhkan keahlian pemrograman untuk menggunakannya, dan high-level simulator (simulator) yang penggunaannya relatif lebih mudah karena menggunakan user interface yang mudah dipahami. ProModel merupakan software simulasi yang dirancang untuk memodelkan sistem dengan proses discrete - event. Dalam ProModel terdapat beberapa komponen, yaitu [15]:

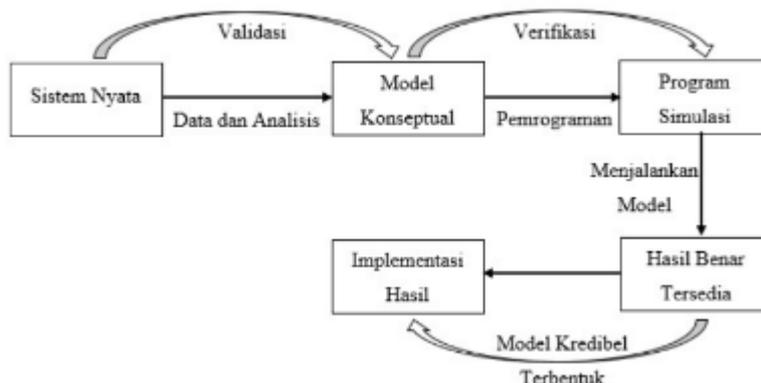
1. Entities : item yang akan diproses
2. Locations : tempat terjadinya proses
3. Resources : sumber daya yang digunakan untuk melakukan proses pada entitas
4. Paths : jalur yang dapat digunakan oleh entitas dan resource.

Tahapan dalam melakukan simulasi dengan *ProModel* adalah sebagai berikut [8]:

1. Mendefinisikan elemen model dasar yang akan digunakan;
 - a. *Locations*
 - b. *Entities*
 - c. *Path networks*
 - d. *Resources*
 - e. *Processing*
 - f. *Arrivals*
 - g. *Shift*
 - h. *Attribute* atau *variable*
2. Pembangunan proses pada model dalam bentuk coding
3. Menjalankan model
4. Pembacaan *report*
5. Pendefinisian *scenario*
6. Pemilihan *scenario* dengan menggunakan *Sim Runner*

2.4. Pengujian Model

Verifikasi dan validasi pada model simulasi merupakan langkah yang sangat penting dilakukan untuk mengevaluasi skenario yang telah dibuat. Hal ini akan dijelaskan dalam gambar berikut [15]:



Gambar 1 – Relasi verifikasi, Validasi, dan Pembentukan Model

2.4.1. Verifikasi

Verifikasi merupakan langkah untuk memastikan bahwa pembuatan model telah sesuai dengan logika dan aliran proses yang diharapkan. Proses verifikasi dilakukan dengan mengamati aliran entitas simulasi dan melihat ada tidaknya error dalam model, dengan cara:

1. Melakukan pemeriksaan ulang terhadap model
2. Melakukan pengecekan terhadap output dengan menggunakan trace
3. Mengamati animasi model yang dijalankan
4. Melakukan compile error atau debugging pada model simulasi

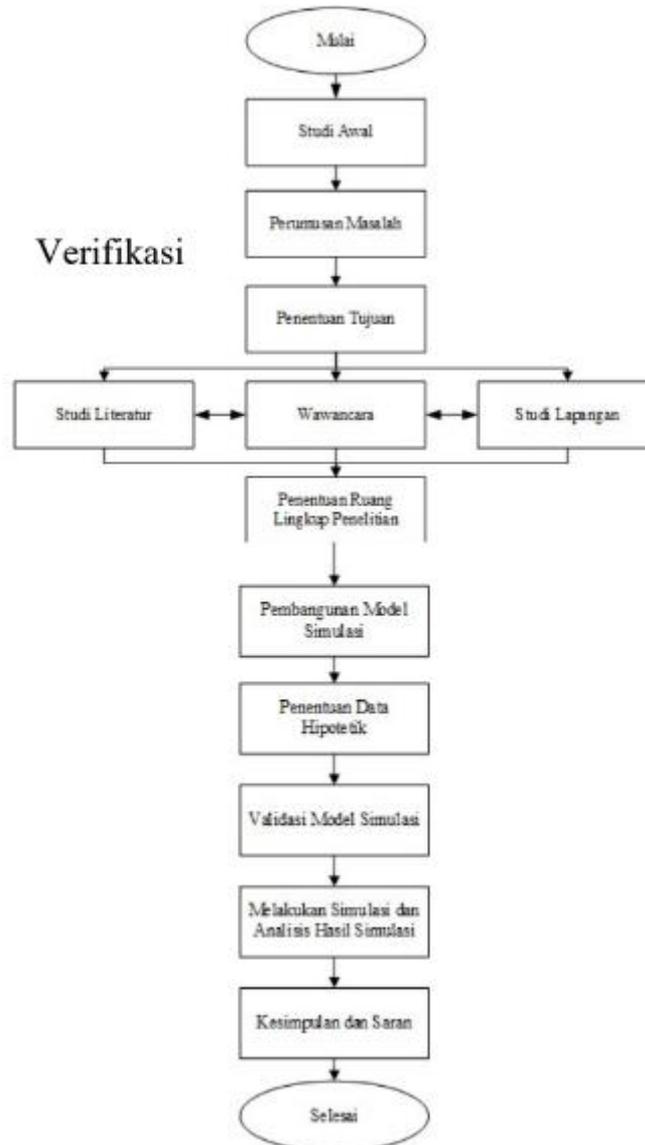
2.4.2. Validasi

Validasi dilakukan untuk memastikan model yang dibangun sesuai dengan kondisi nyata. Model akan dikatakan valid apabila hasil perbandingan model simulasi dengan sistem nyata tidak berbeda secara signifikan. Hal-hal yang dapat dilakukan untuk melakukan validasi adalah sebagai berikut:

1. Membandingkan model dengan sistem nyata
2. Melakukan perbandingan output model dengan sistem nyata

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian berisi tahapan yang dilakukan dalam menyusun kerja penelitian dan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 – Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN ANALISIS

4.1. Data Hipotetik

4.1.1. Distribusi Kedatangan Penumpang

Distribusi kedatangan diperhitungkan melalui waktu antar kedatangan dua pelanggan atau penumpang yang diasumsikan kedatangan penumpang mengikuti distribusi probabilitas tertentu. Pola kedatangan penumpang dapat terjadi secara deterministik yaitu diketahui secara pasti maupun secara stokastik yaitu berupa variabel acak yang distribusi probabilitasnya dianggap telah diketahui [17]. Fungsi distribusi yang akan digunakan dalam model simulasi adalah distribusi eksponensial dengan mean (β) pada saat skenario sepi adalah 60 menit, hal ini didasarkan wawancara yang telah peneliti lakukan kepada driver transportasi online sebelumnya, dengan hasil wawancara adalah pada umumnya driver akan mendapatkan order rata-rata setiap 60-90 menit sekali. Sementara untuk mean (β) skenario ramai adalah 30 menit dengan frekuensi kedatangan sejumlah dua orang.

4.1.2. Data Hipotetik Driver dan Penumpang

Data lokasi titik awal driver, rating awal driver, dan asumsi kumulatif kilometer tempuh sebelum penugasan yang didapatkan dengan men-generate angka random, akan ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 1 – Titik Lokasi Driver

Driver ke-	Titik awal		Railing awal	Kumulatif Kilometer Tempuh Sebelum Penugasan
	o_j^x	o_j^y	R_j^R	
1	8	4	4	263
2	5	2	4,5	787
3	3	3	5	432

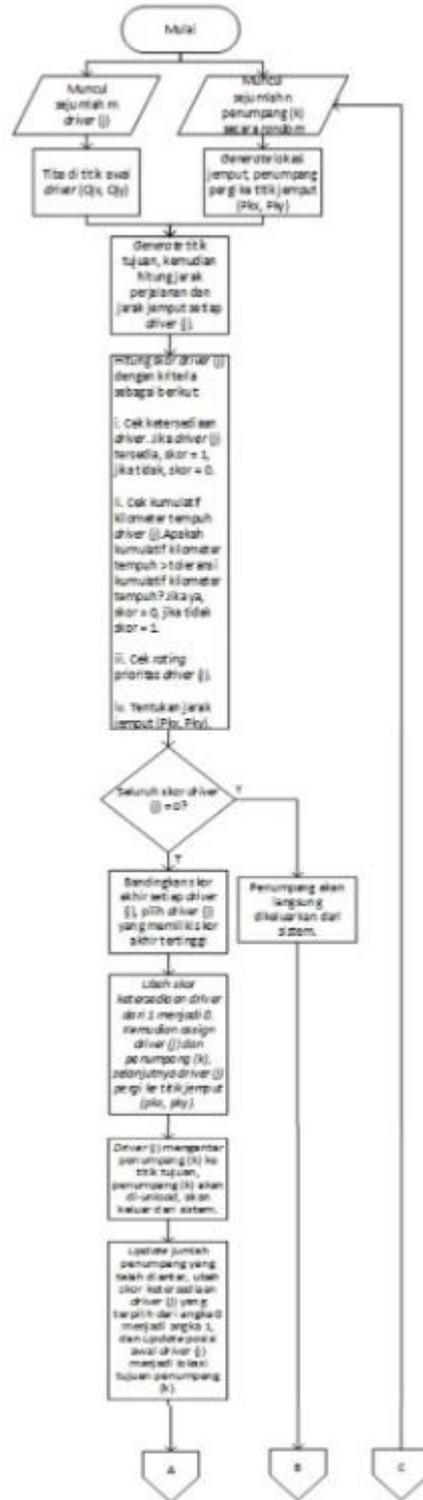
Sementara lokasi jemput dan tujuan penumpang, serta rating yang akan diberikan kepada driver akan di-generate secara random oleh sistem.

4.2. Pembangunan Model Simulasi

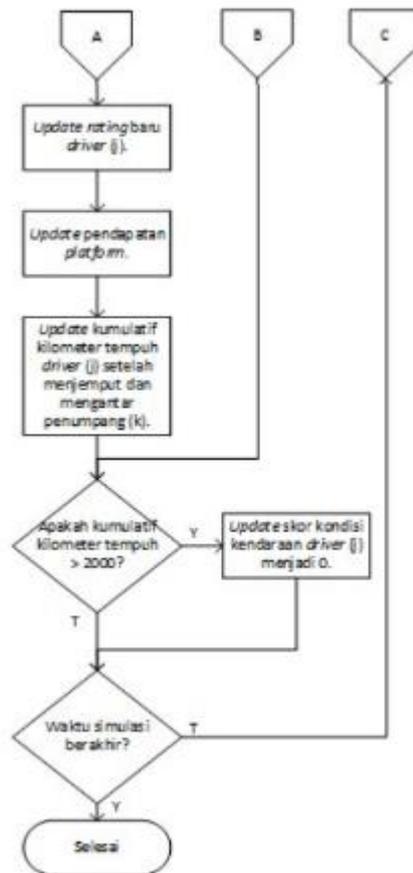
Peneliti menggunakan metode simulasi karena simulasi memiliki kemampuan untuk menggambarkan aspek dinamika sistem dan ketidakpastian yang tidak dapat dideskripsikan secara akurat oleh model matematis, dan memungkinkan estimasi kinerja sistem dengan beberapa kondisi operasi yang berbeda untuk melihat profil pendapatan sistem berdasarkan kondisi permintaannya, seperti yang ditargetkan dalam penelitian ini. Sehingga model simulasi yang peneliti bangun dapat menjadi alat what-if analysis untuk mengevaluasi solusi yang telah ada pada sistem real. Disisi lain, simulasi hanya akan menghasilkan beberapa rancangan sistem alternatif untuk mengevaluasi solusi yang telah ada, bukan menghasilkan cara untuk memecahkan masalah. Pembangunan model simulasi menggunakan software ProModel 6. Simulasi akan di-run sebanyak 10 kali replikasi.

4.2.1. Elemen-elemen pada Model Simulasi

Tahapan algoritma model simulasi dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3 – Model Konseptual Simulasi (1)



Gambar 4 – Model Konseptual Simulasi (2)

Sementara itu, elemen-elemen yang digunakan dalam simulasi adalah sebagai berikut:

1. Locations

Lokasi titik awal driver, titik jemput penumpang, dan titik antar penumpang.

2. Entities

Entitas yang didefinisikan adalah penumpang.

3. Path networks

Merupakan jalur perpindahan yang akan dilewati oleh entitas.

4. Resources

Driver akan didefinisikan sebagai resources yang dapat membawa entitas.

5. Processing

Proses yang dilakukan adalah proses assignment, perhitungan kumulatif jarak tempuh, dan perhitungan rating.

6. Arrivals

Mendefinisikan kedatangan order dari penumpang yang muncul pada lokasi tertentu.

7. Variable

Variable yang didefinisikan adalah tujuan penumpang, driver terpilih, biaya antar, jumlah lost sales dan pendapatan platform.

8. Arrays

Merupakan matriks multi-dimensional dari variabel yang mewakili beberapa nilai yang diperlukan dalam proses simulasi.

4.2.2. Pengujian Model Simulasi

Peneliti melakukan analisa trace dengan mengamati daftar aktivitas yang terjadi selama simulasi, seperti berikut ini:

```

TRACE - Filter Off

00:52.977 1 Penumpang scheduled to arrive at Entity_Dummy.
00:52.977 Penumpang arrives at Entity_Dummy.
00:52.977 For Penumpang at Entity_Dummy:
00:52.977 Penumpang enters Entity_Dummy.
00:52.977 Select route from route block #1; output quantity is 1.
00:52.977 For Penumpang at Entity_Dummy:
00:52.977 Lokasi_22 is selected for routing.
00:52.977 The main entity is routed out as Penumpang.
00:52.977 Output is named as Penumpang.
00:52.977 Start move to Lokasi_22.
00:52.977 Penumpang arrives at Lokasi_22.
00:52.977 For Penumpang at Lokasi_22:
00:52.977 Penumpang enters Lokasi_22.
00:52.977 Int: Tujuan = 19 [old value = 0]
00:52.977 Jarak_Perjalanan[1] = 8 [old value = 0]
00:52.977 Jarak_Jemput[1] = 8 [old value = 0]
00:52.977 Skor[1] = 0.444444 [old value = 0.000000]
00:52.977 Jarak_Perjalanan[2] = 8 [old value = 0]
00:52.977 Jarak_Jemput[2] = 4 [old value = 0]
00:52.977 Skor[2] = 0.900000 [old value = 0.000000]
00:52.977 Jarak_Perjalanan[3] = 8 [old value = 0]
00:52.977 Jarak_Jemput[3] = 1 [old value = 0]
00:52.977 Skor[3] = 2.500000 [old value = 0.000000]
00:52.977 Int: Driver_Terpilih = 3 [old value = 0]
00:52.977 Status[3] = 0 [old value = 1]
    
```

Gambar 5 – Hasil Trace Simulasi (1)

Pada proses diatas, dapat dilihat bahwa penumpang pertama memasuki sistem, dan ditempatkan pada lokasi dummy untuk dilakukan pengacakan titik lokasi jemput bagi penumpang pertama ini. Setelah dilakukan pengacakan, didapatkan bahwa penumpang pertama akan muncul pada titik lokasi ke 22 yang merupakan lokasi jemput penumpang pertama. Setelah penumpang tiba di lokasi 22, sistem men-generate titik tujuan, yaitu lokasi 19. Kemudian sistem akan menghitung jarak jemput, jarak perjalanan, dan skor setiap driver berdasarkan kriteria-kriteria penugasan yang telah ditetapkan, kemudian sistem membandingkan skor antar driver, dimana skor yang paling tinggi yang akan dipilih untuk melakukan penugasan ini.

Rumus perhitungan skor driver ini sudah penulis pertimbangkan dan dapat digunakan pada model karena hasil perhitungan pun sesuai dengan yang diharapkan sebagai penyaring kriteria penugasan, berikut rumus yang telah penulis bangun:

$$\text{Skor Driver } (j): KD * KKTD * ((RD) + \left(\frac{1}{J'j + 1}\right)) \quad (15)$$

Keterangan:

KD : Ketersediaan driver

1 = driver menganggur.

0 = driver sedang mengantar penumpang.

KKTD : Kumulatif kilometer tempuh driver lebih dari 2.000 km atau tidak.

0 = driver sudah mencapai total tempuh 2000 km.

1 = driver belum mencapai total tempuh 2000 km.

RD : Rating driver

J' j : Jarak jemput driver

Jarak jemput menjadi pembagian 1 karena peneliti ingin mendapatkan jarak jemput yang kecil, sehingga jika jarak jemput kecil maka hasil skor nya akan semakin besar. Kemudian nilai jarak akan ditambah 1 untuk menghindari pembagian oleh 0 jika terjadi lokasi awal driver sama dengan lokasi jemput, hal ini dikarenakan pembagian oleh 0 tidak terdefinisi secara matematis. Pada penugasan pengantaran penumpang pertama, driver 3 terpilih dengan skor akhir 1 skor tersebut merupakan skor tertinggi dibandingkan dengan driver lainnya. Di sisi lain, sistem akan meng-update status driver ke 3 menjadi tidak tersedia.

```

TRACE - Filter Off

00:52.977 1 Penumpang scheduled to arrive at Entity_Dummy.
00:52.977 Penumpang arrives at Entity_Dummy.
00:52.977 For Penumpang at Entity_Dummy:
00:52.977 Penumpang enters Entity_Dummy.
00:52.977 Select route from route block #1; output quantity is 1.
00:52.977 For Penumpang at Entity_Dummy:
00:52.977 Lokasi_22 is selected for routing.
00:52.977 The main entity is routed out as Penumpang.
00:52.977 Output is named as Penumpang.
00:52.977 Start move to Lokasi_22.
00:52.977 Penumpang arrives at Lokasi_22.
00:52.977 For Penumpang at Lokasi_22:
00:52.977 Penumpang enters Lokasi_22.
00:52.977 Int: Tujuan = 19 [old value = 0]
00:52.977 Jarak_Perjalanan[1] = 8 [old value = 0]
00:52.977 Jarak_Jemput[1] = 8 [old value = 0]
00:52.977 Skor[1] = 0.444444 [old value = 0.000000]
00:52.977 Jarak_Perjalanan[2] = 8 [old value = 0]
00:52.977 Jarak_Jemput[2] = 4 [old value = 0]
00:52.977 Skor[2] = 0.900000 [old value = 0.000000]
00:52.977 Jarak_Perjalanan[3] = 8 [old value = 0]
00:52.977 Jarak_Jemput[3] = 1 [old value = 0]
00:52.977 Skor[3] = 2.500000 [old value = 0.000000]
00:52.977 Int: Driver_Terpilih = 3 [old value = 0]
00:52.977 Status[3] = 0 [old value = 1]

```

Gambar 6 – Hasil Trace Simulasi (2)

Setelah status driver di-update menjadi tidak tersedia, nama entitas Penumpang berubah menjadi On_Route yang artinya sudah di-assign ke driver. Driver 3 bergerak menuju titik lokasi ke 22 untuk menjemput penumpang 1. Setelah driver 3 sampai pada titik jemput, entitas On_Route akan di-pick up oleh driver, dan menuju ke lokasi tujuan, yaitu lokasi 19. Kemudian entitas On_Route yang merupakan penumpang 1 akan di drop off, dan keluar dari sistem. Disisi lain, sistem akan meng-update status driver 3 menjadi tersedia kembali.

```

01:02.311 Status[3] = 1 [old value = 0]
01:02.311 Jarak_Jemput[3] = 2 [old value = 1]
01:02.311 Jarak_Perjalanan[3] = 9 [old value = 8]
01:02.311 Real: Biaya_Antar = 38000.000000 [old value = 0.000000]
01:02.311 Diantar_Driver[3] = 1 [old value = 0]
01:02.311 Rating_Driver[3] = 5.000000 [old value = 5.000000]
01:02.311 Pendapatan_Driver[3] = 36680.000000 [old value = 0.000000]
01:02.311 Real: Pendapatan_Platform = 7336.000000 [old value = 0.000000]
01:02.311 Tot_Tempuh[3] = 443 [old value = 432]
01:02.311 For On_Route at Lokasi_19:
01:02.311 On_Route enters Lokasi_19.
01:02.311 Select route from route block #1; output quantity is 1.
01:02.311 For On_Route at Lokasi_19:
01:02.311 The main entity is routed out as Penumpang.
01:02.311 Output is named as Penumpang.
01:02.311 Exits the system.
01:02.311 For On_Route at Lokasi_19:
01:02.311 Process completed.
01:02.311 Release the captured capacity.
01:02.311 Driver_3.1 starts work search.
01:02.311 Driver_3.1 starts park search.
01:02.311 Parks at the current place.

```

Gambar 7 – Hasil Trace Simulasi (3)

Selanjutnya, seperti yang digambarkan pada Gambar 7, setelah status driver 3 di-update, sistem akan menghitung biaya antar berdasarkan jarak jemput dan jarak perjalanan. Rating baru untuk driver 3 didapatkan dari penumpang, dan digunakan untuk menghitung rating driver yang baru yaitu 4,5. Lalu sistem akan menghitung pendapatan driver dan pendapatan platform, memperbaharui total jarak tempuh driver 3, dan mengecek apakah total jarak tempuh sudah melebihi batas atau belum. Dikarenakan total jarak tempuh driver 3 belum melebihi batas kriteria, maka sistem tidak mengubah status kondisi kendaraan driver 3, oleh sebab itu hal ini tidak ditampilkan pada tracing pada gambar diatas. Kemudian, posisi awal driver 3 di-update menjadi lokasi tujuan penumpang 1, dan akan menunggu order selanjutnya di titik tersebut.

Proses penugasan tersebut telah berjalan dengan baik dan sesuai dengan logika pada sistem nyata, serta logika proses yang ada pada model simulasi ini sudah sesuai dengan logika proses yang telah dijabarkan sebelumnya mengenai logika proses penugasan yang dijelaskan baik dengan menggunakan flowchart maupun dengan penjelasan dalam kalimat secara mendetail, maka model simulasi dianggap sesuai dengan sistem nyata.

Pada pengujian validasi umumnya dibutuhkan pihak lain yang dapat menjadi partner diskusi mengenai sistem nyata dan sistem model simulasi untuk melakukan verifikasi dan validasi sebagai bagian dari proses pengembangan model berdasarkan hasil studi literatur, studi lapangan, maupun wawancara yang telah dilakukan. Pendekatan umum yang paling banyak digunakan adalah membuat keputusan subyektif yang berdasarkan pada berbagai pengujian dan evaluasi yang dilakukan sebagai bagian dari proses pengembangan model. Pada pendekatan ini peneliti lakukan dengan mendiskusikan dan membandingkan setiap variabel serta logika proses yang dipresentasikan dengan berbagai elemen pada simulasi, apakah sudah sesuai dengan sistem nyata. Contoh validasi pada model simulasi adalah pada elemen ketersediaan driver, apakah pada sistem nyata yang didasarkan oleh studi lapangan, dan wawancara hasilnya sesuai dengan yang ada pada model simulasi atau tidak. Berdasarkan studi lapangan dan wawancara, pada saat driver sedang melakukan assignment maka driver tersebut tidak dapat mengambil order lainnya sampai order yang sedang dikerjakan selesai. Hal ini sesuai dengan logika proses yang diterapkan dalam model simulasi, maka elemen dan logika proses ketersediaan driver dapat dianggap valid, begitu juga dengan elemen dan logika proses lainnya perlu dibandingkan satu per satu dengan sistem nyata.

4.2.3. Perhitungan Jumlah Replikasi

Dilakukan penentuan jumlah replikasi simulasi yang bertujuan untuk menghasilkan beberapa sampel dan untuk melihat apakah hasil simulasi dengan jumlah replikasi yang ditentukan sudah cukup untuk merepresentasikan kondisi aktual. Dalam menggunakan replikasi yang diperlukan, maka akan digunakan metode absolute error dengan tingkat kepercayaan sebesar 95%. Perhitungan jumlah replikasi akan menggunakan rumus 4.20.

$$hw = \frac{\left(t_{n-1}, \frac{\alpha}{2}\right) s}{\sqrt{n}} \tag{16}$$

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha}, s)^2}{\beta} \right]^2 \tag{17}$$

Keterangan:

hw = half width = menunjukkan ketidakpastian dari hasil replikasi

n = jumlah replikasi = 10 replikasi yang ditentukan

n' = jumlah replikasi yang diperlukan

P = tingkat kepercayaan

α = significant level = $1 - P = 0.005$

$Z_{\frac{\alpha}{2}} = Z_{0.025} = 1.96$

x = rata-rata

s = standar deviasi

β = *half width*

Dengan menggunakan rumus diatas maka akan didapatkan contoh perhitungan % Utilization dari driver 1, sebagai berikut:

$$hw = \frac{\left(t_{n-1}, \frac{\alpha}{2}\right) s}{\sqrt{n}} = \frac{\left(t_{10-1}, \frac{0.005}{2}\right) 3.18}{\sqrt{10}} = \frac{2.26 \times 3.18}{\sqrt{10}}$$

$$n' = \left[\frac{\left(Z_{\frac{\alpha}{2}}, s\right)^2}{\beta} \right] = \left[\frac{\left(Z_{0.025}, 3.18\right)^2}{2.27} \right] = \left[\frac{(1.96 \times 3.18)^2}{2.27} \right] = 7.5213 \approx 8 \text{ replikasi}$$

Karena jumlah minimal berada di bawah jumlah replikasi yang telah dilakukan pada model simulasi, yaitu sebanyak 10 kali replikasi, maka replikasi simulasi tidak perlu diubah atau diulangi.

4.2.4. Hasil Simulasi

Hasil simulasi dibawah merupakan report pada variables yang akan memperlihatkan profil pendapatan platform yaitu potensi dan gambaran pendapatan yang mungkin akan didapatkan oleh platform berdasarkan variabel-variabel dan data hipotetik yang telah digunakan pada setiap replikasi:

Tabel 2 – Perhitungan Sudut pada Postur Kerja Stasiun Kerja Lingking

Replikasi ke-	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	AVG Value	Replikasi ke-	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	AVG Value
Sepi					Ramai				
1	0,00	44.968,00	44.968,00	25.648,99	1	0,00	50.488,00	50.488,00	29.622,07
2	0,00	9.440,00	9.440,00	4.119,74	2	0,00	68.512,00	68.512,00	34.690,41
3	0,00	33.904,00	35.904,00	7.059,74	3	0,00	61.776,00	61.776,00	38.842,76
4	0,00	31.232,00	31.232,00	21.079,40	4	0,00	73.808,00	73.808,00	48.521,76
5	0,00	26.600,00	26.600,00	9.583,34	5	0,00	62.840,00	62.840,00	35.226,80
6	0,00	32.392,00	32.392,00	19.853,94	6	0,00	27.136,00	27.136,00	18.118,87
7	0,00	36.696,00	36.696,00	14.788,47	7	0,00	26.336,00	26.336,00	7.476,79
8	0,00	34.008,00	34.008,00	20.902,78	8	0,00	45.120,00	45.120,00	29.862,58
9	0,00	31.904,00	31.904,00	14.755,40	9	0,00	43.752,00	43.752,00	29.257,12
10	0,00	33.640,00	33.640,00	20.312,52	10	0,00	56.128,00	56.128,00	30.947,55
		Max	44.968,00				Max	73.808,00	
		Min	9.440,00				Min	26.336,00	

Berdasarkan hasil simulasi, range potensi pendapatan platform pada kondisi sepi dengan waktu simulasi 6 jam adalah Rp 9.440,00- sampai dengan Rp 44.968,00-. Sementara untuk kondisi ramai, didapatkan hasil pendapatan diantara Rp 26.336,00- sampai dengan Rp 73.808,00-. Sementara itu lost sales yang muncul pada kedua kondisi berdasarkan variabel- variabel elemen yang telah dibangun adalah sebagai berikut:

Tabel 3 – Jumlah Lost Sales Berdasarkan Hasil Simulasi

LOST SALES									
Replikasi ke-	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	AVG Value	Replikasi ke-	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	AVG Value
Sepi					Ramai				
1	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,00	13,00	13,00	3,03
2	0,00	0,00	0,00	0,00	2	0,00	11,00	11,00	2,51
3	0,00	0,00	0,00	0,00	3	0,00	10,00	10,00	5,65
4	0,00	0,00	0,00	0,00	4	0,00	12,00	12,00	6,42
5	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,00	16,00	16,00	6,23
6	0,00	0,00	0,00	0,00	6	0,00	13,00	13,00	3,71
7	0,00	1,00	1,00	0,20	7	0,00	1,00	1,00	0,07
8	0,00	0,00	0,00	0,00	8	0,00	5,00	5,00	1,98
9	0,00	0,00	0,00	0,00	9	0,00	16,00	16,00	10,07
10	0,00	0,00	0,00	0,00	10	0,00	8,00	8,00	1,91

Dari hasil simulasi didapatkan bahwa lost sales yang terjadi pada kondisi sepi adalah satu kali pada rekapitulasi ke 7, sementara pada rekapitulasi yang lain tidak terjadi lost sales sama sekali, disisi lain rata-rata Number Times Used driver berdasarkan hasil simulasi adalah 1,87 kali atau sama dengan 2 kali. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah driver yang ada untuk memenuhi order yang muncul pada area permintaan pada penelitian ini dengan variabel-variabel elemen simulasi yang telah dibangun pada kondisi sepi dapat dianggap cukup dan belum diperlukan penambahan jumlah driver.

Untuk kondisi ramai, rata-rata lost sales yang terjadi sebesar 10,5 kali atau sama dengan 11 kali, dengan rata-rata Number Times Used driver berdasarkan hasil simulasi adalah 3,4 kali atau jika dibulatkan ke atas adalah sebesar 4 kali. Maka dapat disimpulkan bahwa pada kondisi ramai jumlah driver yang ditempatkan pada area permintaan perlu ditambahkan sebanyak tiga sampai empat orang agar lost sales dapat teratasi dan profil pendapatan platform tentu akan lebih besar dibandingkan dengan yang sebelumnya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah disebutkan sebelumnya, serta berdasarkan hasil dari simulasi, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

a. Model simulasi penugasan driver ke penumpang untuk maksimasi keuntungan platform dengan mempertimbangkan faktor rating, kumulatif jarak yang telah ditempuh oleh driver, serta toleransi jarak jemput penumpang telah berhasil dibangun dengan menggunakan data hipotetik 3 driver dengan kondisi ramai dan kondisi sepi, dapat disimulasikan dengan menggunakan software ProModel 6 dengan waktu simulasi sebesar 6 jam, dan jumlah replikasi sampel yang dilakukan sebanyak 10 kali.

b. Model simulasi yang dirancang dalam penelitian ini telah mampu merepresentasikan penugasan driver ke penumpang. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa lost sales yang terjadi pada kondisi sepi adalah satu kali pada rekapitulasi ke 7, sementara pada rekapitulasi yang lain tidak terjadi lost sales sama sekali, disisi lain rata-rata Number Times Used driver adalah 2 kali. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah driver yang ada untuk memenuhi order yang muncul pada area permintaan pada kondisi sepi dapat dianggap cukup dan belum diperlukan penambahan jumlah driver.

c. Untuk kondisi ramai, rata-rata lost sales yang terjadi sebesar 11 kali, dengan rata-rata Number Times Used driver adalah 4 kali. Maka dapat disimpulkan bahwa pada kondisi ramai jumlah driver yang ditempatkan pada area permintaan perlu ditambahkan sebanyak empat orang agar lost sales dapat teratasi dan profil pendapatan platform tentu akan lebih besar dibandingkan dengan yang sebelumnya.

5.2. Saran

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan masukan untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Menambahkan faktor lain yang datanya dapat diperbaharui secara dinamis seperti waktu online setiap driver.
2. Menggunakan set data real yang berasal dari platform seperti rating, data waktu kemunculan order, dan lain sebagainya. Sehingga dapat didapatkan hasil yang lebih realistis dan mendekati dengan sistem real dibandingkan dengan menggunakan data hipotetik.

REFERENSI

- [1] Flores, O. & Rayle, L. (2017). How Cities Use Regulation for Innovation: The Case of Uber, Lyft and Sidecar in San Francisco. *Transportation Research Procedia*. Vol. 25:3756-3768.
- [2] Grab. (2019). Berapa Potongan Komisi Grab dari Mitra Pengemudi, [Online] available at <https://help.grab.com/driver/id/id/115013565467>, [Diakses: 17 Maret 2020].
- [3] Admin. (2017). Warta Konsumen: Transportasi Online; Kawan atau Lawan?, [Online] available at <https://www.ylki.or.id/2017/07/warta-konsumen-transportasi-online-kawan-atau-lawan>. [Diakses: 1 Juli 2020]
- [4] Saputera, Yudha (2020). Penggunaan Metode Genetic Algorithm Dalam Penugasan Driver Terhadap Customer Dalam Konteks Online Ride-Hailing. Bandung: Institut Teknologi Harapan Bangsa.
- [5] Amosa, Maria (2020). Model Penugasan Driver Ke Penumpang Dan Penentuan Tarif Online Ride-Hailing Dengan Memperhatikan Toleransi Jarak Jemput, Rating Driver Dan Kilometer Tempuh Kendaraan. Bandung: Institut Teknologi Harapan Bangsa.
- [6] Majid, F. A. (2020). Penggunaan Metode Ant Colony Optimization Dalam Penugasan Pengemudi Ke Penumpang Dalam Konteks Online Ride-Hailing. Bandung: Institut Teknologi Harapan Bangsa.
- [7] Sitepu, R. R. (2020). Penggunaan Algoritma Particle Swarm Optimization Dalam Penugasan Pengemudi Ke Penumpang Dalam Konteks Online Ride-Hailing. Bandung: Institut Teknologi Harapan Bangsa.
- [8] Cambridge Dictionary. [Online] available at <https://www.dictionary.cambridge.org/ride-hailing>. [Diakses: 25 Maret 2020].
- [9] Redaksi. (2019). 2 September Berlaku, Ini Daftar Tarif Terbaru Ojek Online, [Online] available at <https://www.cnbcindonesia.com/tech/20190831081811-37-96119/2-september-berlaku-ini-daftar-tarif-terbaru-ojek-online>, [Diakses: 25 Maret 2020].

25 Maret 2020].

- [10] Omar, K. M., Johan, A. D. Z. J., & Aluwi, A. H. (2019). Developing a Psychometric Model for E-Hailing Jobs to Boost Malaysian B40 Income. *International Journal of Academic Research Business and Social Sciences*, 9(3).1460-1472.
- [11] Grab. (2019). Kode Etik Mitra: Kode Etik Grab Bike Nomor 6, [Online] available at <https://www.grab.com/id/kodeetik/>, [Diakses: 26 Maret 2020].
- [12] Siswahyudi, E. (2015). Cara Merawat Sepeda Motor agar Selalu Prima dan Awet, [Online] available at <https://www.kompasiana.com/amp/xziz/cara-merawat-sepeda-motor-agar-selalu-prima-dan-awet>. [Diakses: 26 Juni 2020].
- [13] Merriam-Websters. [Online] available at <https://www.merriam-webster.com/dictionary/model>. [Diakses: 25 Maret 2020].
- [14] Khotimah, B. K. (2015). *Teori Simulasi dan Pemodelan: Konsep, Aplikasi dan Terapan*. Ponorogo: Penerbit Wade Group.
- [15] Isal. (2017). *Modul Praktikum Simulasi Semester Ganjil 2017/2018*. Malang: Universitas Brawijaya.
- [16] Harrell, dkk. (2004). *Simulation Using ProModel, Second Edition*. New York: The McGraw–Hill Companies.
- [17] Sugito, Mukid. (2011). *Distribusi Poisson dan Distribusi Eksponensial dalam Proses Stokastik*. Semarang: Universitas Diponegoro.